

# 海洋構造物におけるアルカリシリカ反応に関する基礎的研究

著者	金 昌 吉
号	1859
発行年	1995
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/7132">http://hdl.handle.net/10097/7132</a>

氏 名	Kim 金	Chang 昌	Gil 吉
授 与 学 位	博 士 （ 工 学 ）		
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 3 月 26 日		
学位授与の根拠法規	学位規則第 4 条第 1 項		
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻		
学 位 論 文 題 目	海洋構造物におけるアルカリシリカ反応に関する基礎的研究		
指 導 教 官	東北大学教授 三 浦 尚		
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 三 浦 尚	東北大学教授 柳 澤 栄司	
	東北大学教授 岸野 佑次	東北大学教授 三 橋 博三	

## 論 文 内 容 要 旨

コンクリート構造物中に外部から NaCl が持続的に供給される場合，アルカリシリカ反応（ASR）が促進されると報告されている。本研究では，海洋構造物あるいは凍結防止剤として NaCl が使われる地域のように，外部から NaCl が供給される環境下における ASR による反応性骨材の膨張特性を究明し，これらの環境に適用することができる ASR の促進試験方法を提案した。また，この試験方法を用いて，シリカフュームおよび高炉スラグ微粉末による ASR の抑制効果も究明した。

NaCl が供給される環境下における ASR による反応性骨材の膨張特性を究明するため，骨材として反応性骨材である安山岩を用いた供試体を作成後，水道水や 10% および 20% の NaCl 水溶液に浸して，膨張率と供試体に含まれる塩化物イオン量を比較した。その際の前養生は，供試体を脱型後， $20 \pm 3$  °C の水中で 1 日，2 日，3 日，7 日，14 日，28 日および 91 日間行った。また，海水に含まれる NaCl 以外の化学物質によって，ASR に相乗作用を与えるか否かを調べるため，供試体を浸す液を海水と 2.8% NaCl 水溶液（海水と同一濃度）の 2 種類に変えその結果を比較した。NaCl の供給下においての反応性骨材の有害な膨張を正しく判断するため，適正な試験期間の検討も行った。検討方法としては，長期に渡り実際海洋環境に暴露したコンクリート構造物の塩化物のイオン量と，本実験で用いたモルタルバー供試体の塩化物イオン量とを比較することとし，それが同等となるような試験期間を設定した。なお，比較に用いた実構造物の水セメント比の範囲は 40～65% であり，使用年数あるいは海洋環境に暴露された期間は 1～20 年のものである。

NaCl が供給される環境下においてのシリカフュームの置換率と前養生による抑制効果とを究明する目的で，シリカフュームをセメント重量に対して 5%，7%，9% および 10% 置換した供試体を作成し，20% の NaCl 水溶液に浸して，膨張率と塩化物イオン量を比較した。その際の前養生は，供試体を脱型後， $20 \pm 3$  % の水中で 7 日，14 日および 28 日間行った。また，シリカフュームの海水においての膨張抑制特性を調べるため，セメント重量に対してシリカフュームを 7% 置換した供試体を海水や NaCl が 2.8%（海水同一濃度）および 20% の NaCl 水溶液に浸して，膨張率と塩化物イオン量を比較した。

スラグによる ASR の膨張抑制効果とその前養生の影響を究明するため，スラグ 4,000，6,000 および 8,000 をセメント重量に対して 40%，60%，70% および 80% 置換したり，あるいはスラグの比表面積別に 60% 置換した供試体を前養生として水中で 7 日，14 日および 28 日間養生した後，20% NaCl 水溶液に浸して，それぞれ膨張率および塩化物イオン量を比較した。また，海水や NaCl が 2.8%（海水と同量）および 20% の NaCl 水溶液を用いて，海水中においてのス

ラグの ASR に対する膨張特性も究明した。

水道水、および、10%から20%までの NaCl 水溶液に浸した供試体の膨張率は、NaCl の濃度 20%までは、NaCl 濃度が高いほど大きな値を示した。前養生を行った供試体と行わないものの膨張率は、前養生期間が短いほど大きくなった。海水と、2.8%NaCl 水溶液（海水と同一濃度）による供試体の膨張率を比較すると、NaCl 水溶液の方がやや大きくなるものの、ほとんど違いはなかった。NaCl の供給下においての反応性骨材の有害な膨張を正しく判断するため、適正な試験期間を検討した結果、本研究における促進試験（20%NaCl 水溶液に浸漬）を6ヶ月まで行った供試体と、コンクリート実構造物とで浸透した塩化物イオン量にほとんど差がなかったため、20%NaCl 水溶液中で6ヶ月間促進試験を行えば、十分に骨材の反応性を安全側に判断できることがわかった。これらの結果より、海洋環境下に建設されるコンクリート構造物のように、海水中の NaCl の浸入によって ASR が促進されるような環境下での骨材反応性を正しく判断する ASR 試験方法として、コンクリートが硬化した後に、供試体を20%NaCl 水溶液に浸す方法を提案した。

シリカフュームで普通セメントを置換することによる ASR の膨張抑制効果は、20%NaCl 水溶液を用いた場合、置換率7%以下では十分ではなく、置換率9%以上でなければ達成されなかった。シリカフュームを用いたコンクリートの前養生による ASR の抑制効果も認められ、前養生期間が長いほど高くなり、置換率が高いほどその効果は大きくなった。

粉末度が4,000、6,000および8,000のスラグを普通セメントに置換することによる ASR の膨張抑制は、NaCl 水溶液を用いた場合、置換率60%で達成された。NaCl が供給される環境下においてのスラグによる ASR の膨張抑制メカニズムには、スラグ添加による硬化コンクリートの化学的収縮も関係していることが予想される。スラグの粉末度ごとの前養生による膨張抑制効果を調べた結果、粉末度4,000の場合ある程度認められるものの、粉末度6,000および8,000の場合には、養生による ASR の膨張抑制効果が少ないと判断された。

## 審 査 結 果 の 要 旨

最近、コンクリート構造物の各種劣化が社会的な問題となっており、その内の一つにアルカリシリカ反応（以下、ASR と略す。）による劣化がある。ASR は、コンクリートの骨材として反応性のある岩石が使われ、さらにコンクリート中に、 $\text{Na}^+$ 等のアルカリが存在すると、それが特殊な反応をして膨張し、コンクリートが破壊するというものである。この内、 $\text{Na}^+$ は、コンクリート中に予め存在した場合と、後に外部から供給された場合とがある。

本研究は、海洋環境下のように、外部から  $\text{NaCl}$  が供給される環境下における ASR の膨張特性を究明するとともに、これらの環境下における ASR を調べる促進試験方法を開発し、この方法を用いてシリカヒュームおよび高炉スラグ微粉末による ASR の抑制効果を解明することを目的としたもので、全文 6 章より構成されている。

第 1 章は、緒論であり、アルカリ骨材反応に関する歴史的背景および研究の流れ、本研究の目的について述べている。

第 2 章では、海水および  $\text{NaCl}$  が外部から供給される環境下に設置される構造物における ASR に対する促進試験方法の考察を行なっている。

第 3 章では、海水或いは  $\text{NaCl}$  が供給される環境下における ASR 促進試験の試験期間を定めることを目的として、実際の海洋環境に長期暴露したコンクリート構造物の塩化物イオン量と、本促進実験で行ったモルタルバーの塩化物イオン量とを比較している。これらの結果より、外部から塩化物の影響を受ける環境下での骨材の反応性を正しく判断する ASR 試験方法として、20% $\text{NaCl}$  水溶液に 6 ヶ月間浸す促進試験を行うことを提案している。これは、重要な知見である。

第 4 章では、海水或いは  $\text{NaCl}$  が供給される環境下において、シリカフュームによって ASR の有害な膨張を抑制する効果を究明している。その結果、置換率 7 % 以下では不十分であったが、9 % 以上の置換をすることにより ASR の膨張を抑制することが確認された。また、前養生の影響についても考察している。

第 5 章では、海水或いは  $\text{NaCl}$  が供給される環境下において、高炉スラグ微粉末によって ASR の有害な膨張を抑制する効果およびそのメカニズムを究明している。その結果、ASR の膨張を抑制する高炉スラグ微粉末の置換率は 60 % 以上であることがわかった。

第 6 章は、結論である。

以上、要するに本論文は、外部から  $\text{NaCl}$  が供給される環境下における ASR による反応性骨材の膨張特性を究明することによって、これらの環境に適用できる ASR の促進試験方法を提案し、さらに、この試験方法を用いて、シリカフュームおよび高炉スラグ微粉末による ASR の抑制効果を究明したものであり、土木工学およびコンクリート工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。